

**DISEÑO PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE
AHUMADO DE CARNES**

FABIÁN ANDRÉS NARVÁEZ CAMPAÑA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

**DISEÑO PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE
AHUMADO DE CARNES**

FABIÁN ANDRÉS NARVÁEZ CAMPAÑA

Pasantía para optar al título de Ingeniero Electrónico

**Director
JUAN CARLOS MENA
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Electrónico

JUAN CARLOS MENA
Director

JIMMY TOMBE
Jurado

BERNARDO SABOGAL
Jurado

Santiago de Cali 13 de noviembre de 2009

Dedico este trabajo primero a Dios por darme la vida, salud y la sabiduría necesarias para semestre tras semestre lograr mis metas. A mis padres Esperanza Campaña y Marino Narváez, quienes amo profundamente, por confiar y apoyarme incondicionalmente en todas mis actividades académicas y emocionales. A mis hermanitas Mónica Narváez y Magali Narváez que las amo por darme ese ejemplo de superación y honestidad y apoyarme en todo. A mi novia Diana Barrios que hizo de ese amor una fuente de inspiración e impulso para progresar a nivel personal y profesional. A todos los profesores que contribuyeron en mi formación profesional, a mis compañeros de estudios por sus consejos que ayudaron a fortalecer mis conocimientos, en especial a Daniel Torres y Guillermo Ramos quienes fueron de gran ayuda en la culminación de este proyecto y a todos mis amigos, quienes creyeron en mí.

FABIÁN ANDRÉS NARVÁEZ CAMPAÑA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis sinceros y profundos agradecimientos por haberme ayudado en el desarrollo de este trabajo a las siguientes personas:

A mi director Juan Carlos Mena por sus aportes y apoyo.

Al profesor Adolfo Ortiz por sus sabios aportes para la realización de este proyecto.

A Gustavo Adolfo Meier dueño y gerente de la empresa Lonchería Carnes y Embutido Sajonia, por darme la oportunidad de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi carrera.

.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN DEL PROYECTO	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	16
1.2 PRINCIPAL OBJETIVO DEL MARKETING	16
1.3 MERCADO PRIMARIO	16
1.4 MERCADO SECUNDARIO	16
1.5 PREMISAS Y RESTRICCIONES	16
1.6 PARTES IMPLICADAS	16
2. DESARROLLO CONCEPTUAL	17
2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES	17
2.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	18
2.3 DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL DEL DISPOSITIVO	19
2.4 BÚSQUEDAS EXTERNAS E INTERNAS PARA EL DISEÑO	20
2.4.1 Búsqueda Externa.	20
2.4.1.1 Ahumador F1.	20
2.4.1.2 Ahumador FII 70.	20
2.4.1.3 Ahumador FII 70/60.	21
2.4.1.4 Ahumador FVI.	22

2.4.1.5 Entrevistas de la búsqueda externa.	22
2.4.2 Búsqueda interna.	23
2.4.2.1 Entrevistas de la búsqueda interna.	23
2.5 BRAINSTORMING O LLUVIA DE IDEAS.	24
2.6 ÁRBOL DE CLASIFICACIÓN DE CONCEPTOS	24
2.7 COMBINACIÓN DE CONCEPTOS	26
2.8 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	26
2.9 SELECCIÓN DE CONCEPTOS	29
2.9.1 Análisis de viabilidad, disponibilidad, pasa no pasa.	29
3. ARQUITECTURA DE PRODUCTOS	30
4. DISEÑO INDUSTRIAL	31
4.1 NECESIDADES ERGONÓMICAS	31
4.2 NECESIDADES ESTÉTICAS	31
4.3 VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL	32
4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL	33
4.4.1 Requerimientos emocionales.	33
4.4.2 Calidad de las interfaces de usuario.	33
4.4.3 Facilidades de mantenimiento y reparación.	33
4.4.4 Uso apropiado de los recursos.	33
4.4.5 Diferenciación del producto.	33
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	34

5.1 DISEÑO DEL CONTROLADOR	34
5.1.1 Control ON/OFF.	34
5.1.2 Descripción del sistema de control.	34
5.1.3 Programación en Ladder.	37
5.2 DISEÑO DEL HMI	37
5.3 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	38
5.3.1 Análisis de la selección del PLC.	38
5.3.1.1 PLC S7-200 – Siemens.	39
5.3.1.2 PLC MICROLOGIX 1500 – Allen Bradley.	39
5.3.2 Análisis de la selección del estándar de comunicación.	40
5.3.3 Análisis de la selección del actuador.	41
5.3.4 Análisis de la selección de sensores.	41
5.3.5 Análisis de la selección de alimentación.	42
6. DISEÑO PARA MANUFACTURA	42
6.1 ESTIMACION DE COSTOS DE MANUFACTURA	42
6.2 COSTO DE MONTAJE	43
6.3 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	43
7. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO	44
7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	44
7.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	44
7.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	44

8. CONCLUSIONES	45
9. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Necesidades del cliente	17
Tabla 2. Importancia	18
Tabla 3. Tabla de Métricas	18
Tabla 4. Combinación De Conceptos	26
Tabla 5. Primer concepto	26
Tabla 6. Segundo concepto	26
Tabla 7. Tercer concepto	27
Tabla 8. Cuarto concepto	27
Tabla 9. Quinto concepto	27
Tabla 10. Sexto concepto	27
Tabla 11. Séptimo concepto	28
Tabla 12. Octavo concepto	28
Tabla 13. Noveno concepto	28
Tabla 14. Décimo concepto	28
Tabla 15. Matriz de tamizaje de conceptos	29
Tabla 16. Valores marginales del HMI	37

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Caja negra	19
Figura 2. Esquema de descomposición funcional	19
Figura 3. Ahumador F1	20
Figura 4. Ahumador FII 70	21
Figura 5. Ahumador FII 70/60	21
Figura 6. Ahumador FVI	22
Figura 7. Árbol de clasificación de conceptos	25
Figura 8. Descomposición funcional	30
Figura 9. Descomposición de interacciones	30
Figura 10. Diagrama del Sistema	31
Figura 11. Dirección del proceso de diseño industrial	32
Figura 12. Dirección del proceso de Calidad	33
Figura 13. Hornos y sus medidas.	35
Figura 14. Diagrama de flujo del sistema de control	36
Figura 15. HMI	38
Figura 16. Características de diferentes Termocuplas	41
Figura 17. Túnel de Ahumado Continuo CI TALSA TA – 09401100	44

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Segundo filtro	29
Cuadro 2. Estimación de costos de manufactura	42

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Programa en lenguaje <i>Ladder</i> del sistema de ahumado	48
Anexo B. Manual de usuario del HMI	50
Anexo C. Características de la Válvula Solenoide Honeywell ½" V42951015	53
Anexo D. Transformador de Ignición 120 - 6000 Tipo A	54
Anexo E. Diagrama esquemático y físico del Controlador de Llama S87 Honeywell	55
Anexo F. Cotización de Termocupla Tipo J	56
Anexo G. Cotización de dispositivos Siemens	57
Anexo H. Cotización en Colmáquinas	58

RESUMEN

Para este proyecto de grado se ha escogido diseñar un sistema que controle y automatice de manera segura el proceso de ahumado de carnes para la empresa Loncheria Carnes y Embutidos Sajonia, razón por la cual, a través del método de diseño concurrente se generó la solución apropiada.

En lo que respecta a la automatización, se utilizó como elemento de control un PLC, el cual se programó en lenguaje ladder teniendo en cuenta la técnica de control ON-OFF, pues era la más adecuada, práctica y económica para implementar, además se utilizaron distintos elementos físicos como actuadores (válvula solenoide y transformador de ignición) y sensores para poder tomar decisiones y realizar las diferentes acciones de control necesarias en el proceso de ahumado.

La seguridad se abordó utilizando diferentes elementos físicos tales como el sensor controlador de llama, que detecta si hay o no llama, y el sensor térmico termocupla que permitía obtener la temperatura para monitorear que no se sobrepasara de los límites establecidos. También se enfrentó desde el punto de vista de la programación en lenguaje ladder, ya que se proporcionó diferentes estados de interrupción en caso de un eventual caso de emergencia.

Finalmente el proceso se puede visualizar por medio de una Interfaz Hombre Máquina (HMI) la cual permite configurar la temperatura requerida y el tiempo de duración del proceso para tres tipos diferentes de carne: Lomo, Costilla y Jamón; con la opción de ingresar otro tipo de carne no establecido.

INTRODUCCIÓN

En la industria del procesamiento de carnes existe un procedimiento para impregnar un sabor natural de humo a los cortes grandes de carnes por medio de la cocción de estos, de forma indirecta sobre el fuego, que consiste en someterlos a una temperatura específica conservándola constante y durante un tiempo determinado para obtener un óptimo sabor y textura, así como también existen diferentes tipos de carnes que requieren de distintas temperaturas y distintos tiempos. Este proceso es conocido como Ahumado. Los ahumadores, como su nombre lo dice, se encarga de ahumar la carne y donde hay humo, el resultado es carnes y aves muy sabrosas. El uso de ahumadores es un modo de impregnar un sabor natural de humo a los cortes grandes de carnes, aves enteras y pechugas de pavo. Esta técnica de cocción lenta permite también que la carne se mantenga suave.

En la empresa Lonchería Carnes y Embutidos Sajonia se realiza el proceso de ahumado pero se presentan problemas porque en el sistema utilizado en los ahumadores que cumplen esta función no se tiene la eficiencia suficiente como para reducir en gran proporción las pérdidas de tiempo y dinero, y además la seguridad para el operador se ve seriamente expuesta al momento de realizar dicho proceso.

El objetivo es proporcionar un sistema que automatice y controle el proceso de ahumado de carnes de manera que se pueda controlar la temperatura del ahumador de forma automática, segura y de la manera más óptima posible, además el sistema debe contar con la posibilidad de poder configurar, visualizar y mantener constante la temperatura a la cual se quiere llegar en el interior del ahumador, claro está dentro de unos límites establecidos. También se debe poder configurar el tiempo de duración del proceso, escoger entre tres modos de operación para 3 tipos de carne: Lomo, Costilla y Jamón; e indicar con un aviso que el proceso programado ha terminado.

Aunque la necesidad inmediata de la empresa respecto al ahumado de carnes es para un solo horno, en las instalaciones se dispone de tres hornos que realizan este mismo proceso, razón por la cual el desarrollo se hizo teniendo en cuenta los tres hornos, previendo que en el futuro se puedan agregar fácilmente los otros dos hornos al sistema de control.

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto fue el diseño concurrente y resultó un método eficaz para encontrar la solución apropiada.

1. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN DEL PROYECTO

A continuación se relacionan los requisitos y funciones que definen todo el proceso de diseño:

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Dispositivo automático que mantenga la temperatura a un nivel determinado y duración especificada dentro de un horno.

1.2 PRINCIPAL OBJETIVO DEL MARKETING

Aumentar la ganancia al ampliar la productividad y como consecuencia incrementar la competitividad en el mercado del procesamiento de carnes en cuanto al ahumado de carnes.

1.3 MERCADO PRIMARIO

Empresas procesadoras de carnes en Cali.

1.4 MERCADO SECUNDARIO

Empresas del sector industrial.

1.5 PREMISAS Y RESTRICCIONES

Dispositivo automático, fácil mantenimiento, fácil reparación, fácil manejo para el usuario y poco consumo de combustible.

1.6 PARTES IMPLICADAS

Usuarios y operador de planta.

2. DESARROLLO CONCEPTUAL

El desarrollo conceptual empieza por la identificación de las necesidades del cliente, dichas necesidades ya están planteadas y son en las que está basado el proyecto.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Los usuarios presentan sus necesidades como explicaciones o comentarios, que deben ser dilucidadas con el fin de localizar criterios que ayuden al progreso del producto deseado. En las Tabla 1 y Tabla 2 se muestran las necesidades y su importancia respectivamente.

Tabla 1. Necesidades del cliente

Idea del cliente	Planteamiento de la necesidad
<i>"Que pueda ver la temperatura actual del horno en todo momento"</i>	Interfaz hombre-máquina (HMI) que muestre la temperatura
<i>"Que el sistema mantenga la temperatura que desee durante el tiempo que desee"</i>	El sistema sea controlado
<i>"Que sirva con gas y sea más económico el ahumado de carnes"</i>	Ahorrar combustible
<i>"Que sea más rápido el ahumado de carnes"</i>	Reducir el tiempo del proceso
<i>"Que sea fácil de manejar"</i>	Fácil uso
<i>"Ojala pueda encontrar repuestos fácilmente"</i>	Fácil adquisición de repuestos
<i>"Que lo pueda reparar fácilmente"</i>	Fácil mantenimiento y reparación
<i>"Que el sistema me permita escoger el proceso entre 3 tipos de carne que son: el lomo, la costilla y el jamón"</i>	HMI configurable para 3 distintos tipos de carne
<i>"Que el sistema sea fácil de montar y desmontar"</i>	Conexión fácil
<i>"Que sea fácil de interactuar con el sistema"</i>	HMI amigable
<i>"Que se escuche o se vea una alarma cuando haya terminado el proceso"</i>	Avisos audibles o visibles
<i>"Que garantice la seguridad del operario"</i>	Confiable
<i>"Que la realización del proyecto sea económica "</i>	Sistema económico al implementar

Tabla 2. Importancia

No.	Necesidad	Importancia
1	Interfaz hombre-máquina (HMI) que muestre la temperatura	5
2	El sistema sea controlado	5
3	Ahorrar combustible	3
4	Reducir el tiempo del proceso	3
5	Fácil uso	4
6	Fácil adquisición de repuestos	2
7	Fácil mantenimiento y reparación	2
8	HMI configurable para 3 distintos tipos de carne	4
9	Conexión fácil	3
10	HMI amigable	3
11	HMI configurable con alarmas audibles o visibles	4
12	Confiable	4
13	Sistema económico al implementar	3

2.2 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Se tienen en cuenta los parámetros que comprenden el proyecto en su totalidad, tales como las interfaces, el software utilizado y los componentes del dispositivo, para así de esta manera tener una visión completa y clara de las dimensiones tecnológicas que tendrá el producto y lo que permitirá buscar un espacio en el mercado de sistemas similares que sirvan como referencia de comparación.

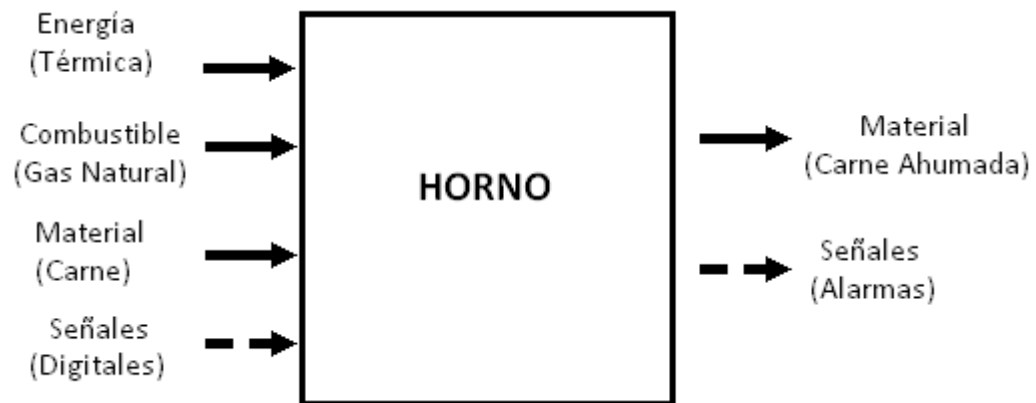
Tabla 3. Tabla de Métricas

No	No. Necesidad	Métricas	Importancia	Unidades
1	1,2	Alimentación de los sensores	5	V
2	2,12	Precisión en funciones	5	%
3	6,7,13	Costo de rediseño	3	\$
4	7,9	Dimensiones	3	M ³
5	3,13	Consumo	5	Gal/h
6	11	Comunicación	3	Bit/s
7	5,7,11,10,8	Fácil manejo	3	Subjetivo
8	6,7,9	Mantenimiento	3	Subjetivo
9	6,7	Disponibilidad de repuestos en el mercado	3	Subjetivo
10	1,2	Temperatura	5	°C
11	2	Tiempo	5	s

2.3 DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL DEL DISPOSITIVO

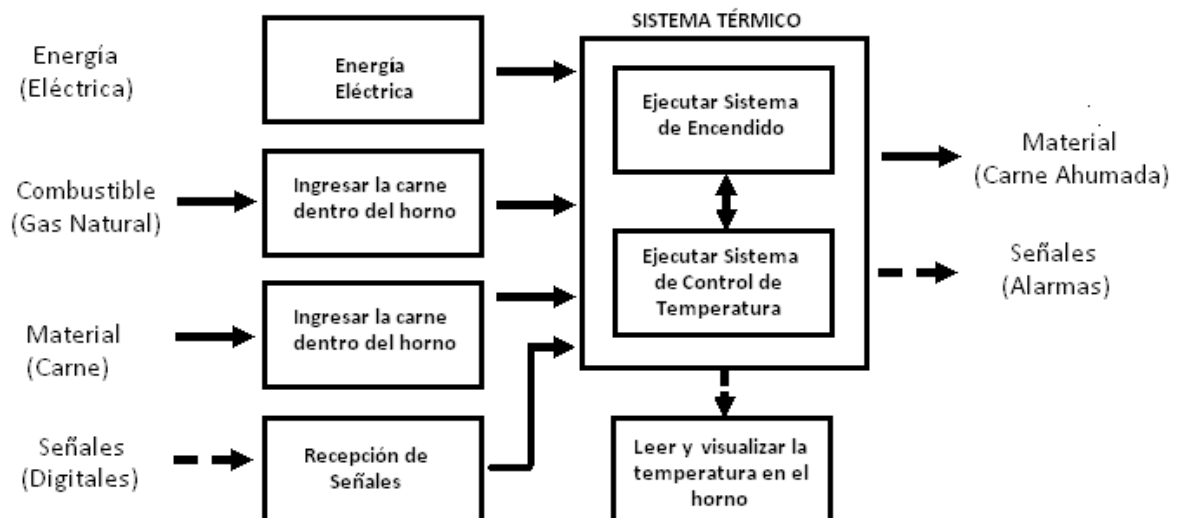
La Figura 1 muestra el problema como una caja negra maniobra sobre el material, el combustible, la energía y el flujo de señales.

Figura 1. Caja negra



Se procede a diseñar un esquema funcional compuesto por sub-funciones ya conocidas en donde se sigue un flujo de señales para determinar operaciones previas y posteriores para obtener los resultados deseados. El esquema se observa en la Figura 2.

Figura 2. Esquema de descomposición funcional



2.4 BÚSQUEDAS EXTERNAS E INTERNAS PARA EL DISEÑO

El Benchmarking del producto permite tener claras las fortalezas y debilidades de la competencia por lo tanto se requiere tanto de búsquedas internas como externas para identificarlas.

2.4.1 Búsqueda Externa. Se encontraron diferentes dispositivos los cuales se describirán brevemente como parte de la búsqueda externa, así como también se realizó entrevistas a usuarios avanzados.

2.4.1.1 Ahumador F1. El albergue está diseñado por la ejecución estable y durable de un seguro de funcionamiento. Este modelo puede operarse con madera, y con gas (8 KW) o eléctricamente (2.5 KW). Los empujes caloríficos pueden intercambiarse en segundos. Ofrece lugar en 3 suelos para aproximadamente 15-20 peces o 8- 10 Kg de carne. Dimensiones: 400 x 500 x 1000 mm. Ver Figura 3.

Figura 3. Ahumador F1



Fuente: Ahumadores, resumen de producto [en línea]. España: Valsequillo Gran Canaria [consultado 09 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.aspecana.com/esp/ahumadores/index.php>

2.4.1.2 Ahumador FII 70. El albergue está diseñado para la ejecución estable y durable y de un seguro de funcionamiento. Este modelo puede operarse con madera, y con gas (8 KW) o eléctricamente (380/400 V, 5.8 KW). Debido al alto logro de la variante eléctrica el elemento calorífico se inserta firmemente y el

armario está equipado con un termostato. Con esa madera o la variante de gas puede intercambiarse los empujones caloríficos en segundos. En los 4 pisos aproximadamente 45-60 peces o 30- 40 kg de carne. Dimensiones: 400 x 700 x 1500 mm. Ver Figura 4.

Figura 4. Ahumador FII 70



Fuente: Ahumadores, resumen de producto [en línea]. España: Valsequillo Gran Canaria [consultado 09 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.aspecana.com/esp/ahumadores/index.php>

2.4.1.3 Ahumador FII 70/60. El albergue está diseñado para la ejecución estable y durable con un seguro de funcionamiento. Este modelo puede operarse con madera, y con gas (8 KW) o eléctricamente (2.5 KW). Los empujones caloríficos pueden intercambiarse en segundos. Ofrece 4 pisos para el aproximadamente. 65-80 peces o 50- 65 Kg de carne. Dimensiones: 600 x 700 x 1500 mm. Ver Figura 5.

Figura 5. Ahumador FII 70/60



Fuente: Ahumadores, resumen de producto [en línea]. España: Valsequillo Gran Canaria [consultado 09 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.aspecana.com/esp/ahumadores/index.php>

2.4.1.4 Ahumador FVI. Con tecnología moderna, como un mando digital y platos, guía para la distribución de humo, este modelo ofrece un rendimiento más alto y trabaja con el tradicional humo ascendente. Este modelo puede operarse los con madera, gas (20.9 KW) ó eléctricamente (11.6 KW). Ofrece lugar para aprox. 220-230 kg de carne. Dimensiones: 800 x 1030 x 1750 mm. Ver figura 6.

Figura 6. Ahumador FVI



Fuente: Ahumadores, resumen de producto [en línea]. España: Valsequillo Gran Canaria [consultado 09 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.aspecana.com/esp/ahumadores/index.php>

Estos cuatro productos son los más aproximados al proyecto, pues las especificaciones técnicas que manejan y su implementación para realizar el proceso de ahumado de carnes sirven de referente para elegir las características.

2.4.1.5 Entrevistas de la búsqueda externa. Se hicieron entrevistas como parte de la búsqueda externa para lograr obtener información acerca de la selección de los dispositivos y las diferentes posibilidades. A continuación se muestran las preguntas realizadas a la empresa colmáquinas que es reconocida en el medio industrial.

- **¿Qué marca o marcas usan habitualmente ustedes en colmáquinas para controladores de llama?** Se usa por lo general la marca *Honeywell* porque esta marca da el respaldo que se necesita, además es una empresa de largo recorrido y respetada tanto por clientes como por la competencia.
- **¿Qué marca o marcas usan habitualmente ustedes en colmáquinas para válvulas?** Como le decía anteriormente, la marca *Honeywell* es una marca

que es muy reconocida y respetada en la industria y por lo tanto en lo que respecta a válvulas también es la marca que habitualmente se usa.

- **¿Qué tipo de válvulas son las mejores, más comunes y económicas para el problema que se le planteó?** Existen diferentes tipos de válvulas y dependen de la utilidad, pero específicamente de acuerdo al problema planteado, la válvula tipo solenoide de marca *Honeywell* que se cierra o abre según sea accionada por mando, en tu caso por PLC, solo es necesario tener en cuenta el diámetro de las tuberías por donde va fluir el gas.
- **¿Cómo puedo generar una chispa para encender fuego en las tuberías?** Existen transformadores de ignición los cuales se encargan de generar esta chispa solo con una entrada de 120 Volt en el primario y 10,000 Volt en el secundario.
- **¿Qué marca o marcas usan habitualmente ustedes en colmáquinas para los transformadores de ignición?** La marca más reconocida por su calidad y seguridad es *Allanson Dependable Power*. Estos transformadores son usados tanto en quemadores así como también son usados independientemente para diferentes aplicaciones que necesitan solo de la generación de chispa.

2.4.2 Búsqueda interna. También se hicieron entrevistas como parte de la búsqueda interna para lograr obtener información acerca de la selección de los dispositivos y las diferentes posibilidades.

2.4.2.1 Entrevistas de la búsqueda interna. A continuación se muestran las preguntas realizadas, al operario, y al gerente de la empresa SALSAMENTARIA SAJONIA, empresa en la que se desarrolló el proyecto.

- **Hablando en términos de exactitud ¿La temperatura que usted requiere al interior del horno es crítica?** No requiere de gran exactitud, teniendo en cuenta que la temperatura es una variable lenta, es permisible para este proceso que la temperatura oscile en cierto momento entre un rango de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ a la temperatura requerida.
- **¿Cuáles son los límites de temperatura que maneja para el proceso de ahumado de los diferentes tipos de carne?** El proceso de ahumado de carnes por lo general requiere de una temperatura de 80°C , unas veces menos y otras veces más, pero habitualmente la temperatura no sobrepasa los 120 grados y no es menor que la ambiental.

- **¿Necesita ver la temperatura solamente en PC o también en la puerta del horno?** La idea por ahora, es que se pueda monitorear y controlar desde un PC que se encuentra a 40 metros de distancia y que posteriormente se pueda extender este control hacia los otros dos hornos que se encuentran al lado. El objetivo es diseñar el sistema de control para el horno, que permita hacer el proceso de ahumado de carnes, pero principalmente que pueda ser manipulado por operarios con un entrenamiento mínimo.

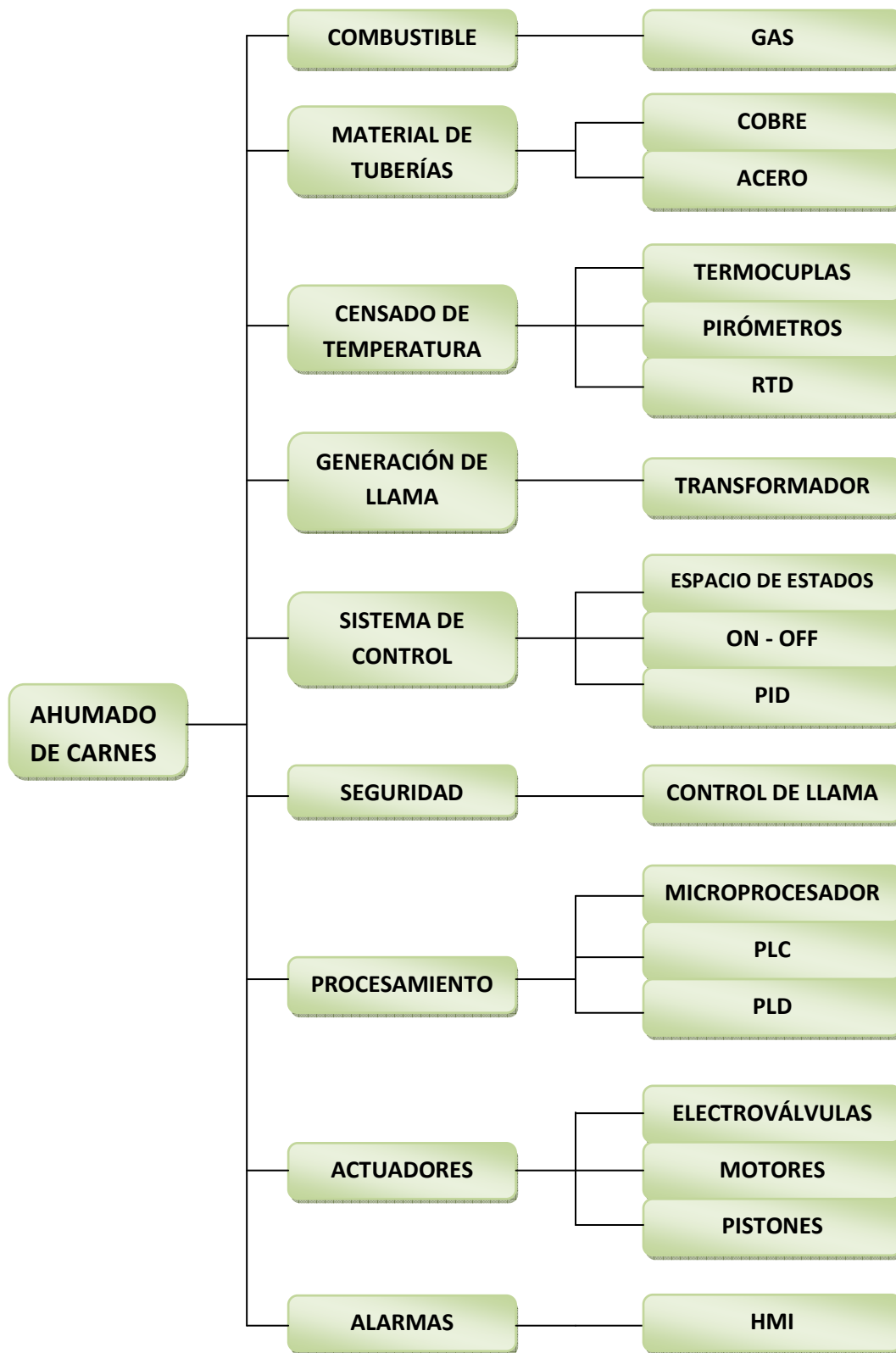
2.5 BRAINSTORMING O LLUVIA DE IDEAS. A partir de la experiencia del operario, gerente y expertos en temas de hornos se generaron las siguientes propuestas:

- Combustible
- Material de las tuberías
- Censado de temperatura
- Generación de llama
- Sistema de control
- Procesamiento
- Actuadores
- Alarmas
- Interfaz de usuario
- Seguridad

2.6 ÁRBOL DE CLASIFICACIÓN DE CONCEPTOS

En este punto del proyecto, el árbol de conceptos está conformado por unos conceptos sólidos, que se han escogido gracias a la información que se ha reunido en el desarrollo del proyecto (necesidades del cliente, especificaciones del producto, fuentes externas e internas). Ver Figura 7.

Figura 7. Árbol de clasificación de conceptos



2.7 COMBINACIÓN DE CONCEPTOS

En el árbol de clasificación de conceptos las funciones que tenían un único medio no están dentro de la siguiente Tabla 4 de combinación de conceptos, ya que con un único medio no cabe la posibilidad de combinaciones al generar los conceptos diseño. Los conceptos omitidos son: combustible, generación de llama, seguridad y alarmas.

Tabla 4. Combinación De Conceptos

Funciones	Medios		
Material de Tuberías	Acero	Cobre	
Censado de Temperatura	Termocupla	Pirómetro	RTD
Sistema de control	Espacio de estados	ON-OFF	PID
Procesamiento	Microprocesador	PLC	PLD
Actuadores	Electroválvulas	Motores	Pistones

2.8 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

Una vez identificadas las posibles combinaciones de los medios se procede a combinar dichos medios para de esta manera generar diferentes conceptos. Ver Tablas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Tabla 5. Primer concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Acero
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	Espacio de estados
Procesamiento	Microprocesador
Actuadores	Electroválvulas

Tabla 6. Segundo concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Acero
Censado de Temperatura	Pirómetro
Sistema de Control	ON-OFF
Procesamiento	PLC
Actuadores	Motores

Tabla 7. Tercer concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Acero
Censado de Temperatura	RTD
Sistema de Control	PID
Procesamiento	PLD
Actuadores	Pistones

Tabla 8. Cuarto concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Cobre
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	Espacio de estados
Procesamiento	Microprocesador
Actuadores	Electroválvulas

Tabla 9. Quinto concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Cobre
Censado de Temperatura	Pirómetro
Sistema de Control	ON-OFF
Procesamiento	PLC
Actuadores	Motores

Tabla 10. Sexto concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Cobre
Censado de Temperatura	RTD
Sistema de Control	PID
Procesamiento	PLD
Actuadores	Pistones

Tabla 11. Séptimo concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Cobre
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	PID
Procesamiento	PLC
Actuadores	Electroválvulas

Tabla 12. Octavo concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Cobre
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	ON-OFF
Procesamiento	PLC
Actuadores	Electroválvulas

Tabla 13. Noveno concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Acero
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	PID
Procesamiento	PLC
Actuadores	Electroválvulas

Tabla 14. Décimo concepto

Funciones	Medios
Material de Tuberías	Acero
Censado de Temperatura	Termocupla
Sistema de Control	ON-OFF
Procesamiento	PLC
Actuadores	Electroválvulas

2.9 SELECCIÓN DE CONCEPTOS

2.9.1 Análisis de viabilidad, disponibilidad, pasa no pasa. Realizando diferentes análisis de viabilidad, disponibilidad de tecnología, y pasa no pasa se decidió seleccionar solo 2 conceptos para ingresar a la matriz de tamizaje representada en la Tabla 15. Los conceptos escogidos fueron el **séptimo (A)**, **octavo (B)**, **noveno (C)** y **décimo (D)** de acuerdo a las necesidades expresadas por el cliente.

Tabla 15. Matriz de tamizaje de conceptos

Criterios De Selección	Variantes del concepto			
	A	B	C	D
Fácil uso	*	0	*	0
Fácil mantenimiento	/	/	0	0
Económico	0	0	/	/
Fácil adquisición de repuestos	0	0	0	0
Montaje fácil	*	/	*	/
Ventajas	1	2	1	2
Iguals	2	3	2	3
Inconvenientes	2	0	2	0
Total	-1	2	-1	2
Clasificación	3	1	4	2
Continua	NO	SI	NO	SI

Con la matriz de tamizaje se llegó a la selección de solo dos conceptos y a partir de ellos se realiza un segundo filtro para la selección final. Ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Segundo filtro

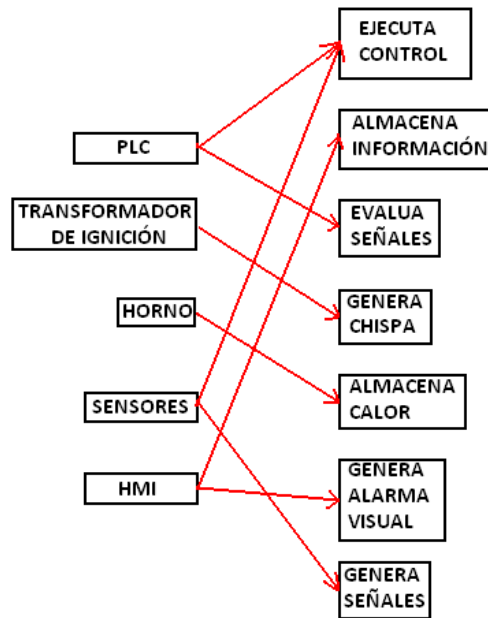
Criterio de selección (facilidad)	Ponderación	Concepto			
		B		D	
		Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Fácil Uso	15%	5	0.75	5	0.75
Mantenimiento	15%	5	0.75	5	0.75
Económico	20%	4	0.8	5	1.0
Repuestos	20%	4	0.8	4	0.8
Montaje	30%	5	1.5	4	1.5
Puntuación total			4.6		4.8
Clasificación			2		1
Continua			NO		SI

De acuerdo a la matriz anterior, el **concepto D** es viable para ser ejecutado.

3. ARQUITECTURA DE PRODUCTOS

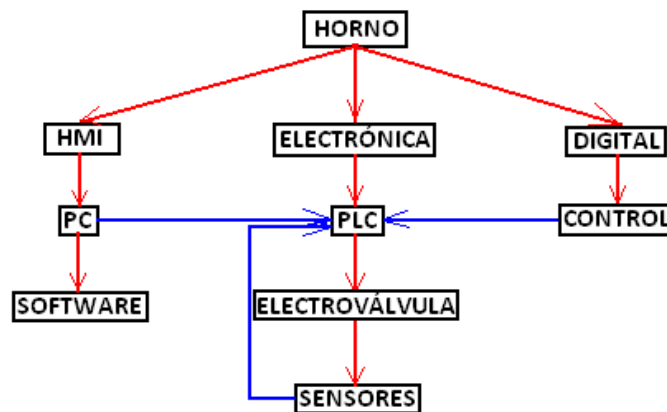
A continuación se mostrará el arreglo de elementos funcionales en conjuntos físicos, que constituyen los elementos básicos del producto o de la familia de productos y representan el análisis de sus interacciones. Ver Figuras 8 y 9.

Figura 8. Descomposición funcional



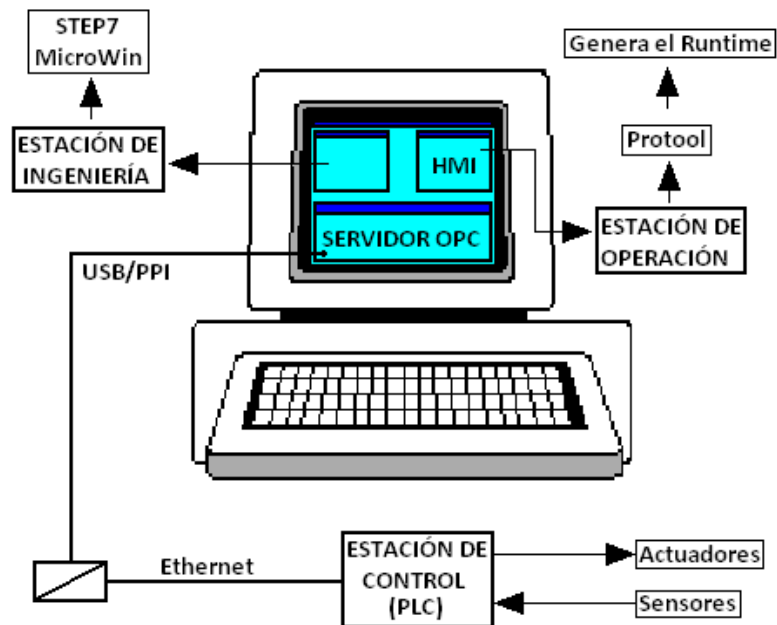
Según el arreglo anterior se puede observar que el sistema de control para el horno tiene una arquitectura integral, con dos subsistemas con arquitectura modular, que son la alimentación y los elementos de supervisión y de control.

Figura 9. Descomposición de interacciones



Finalmente se puede mostrar el diagrama del sistema en general. Ver Figura 10.

Figura 10. Diagrama del Sistema



4. DISEÑO INDUSTRIAL

4.1 NECESIDADES ERGONÓMICAS

- El sistema compuesto de sensores, solucionadores lógicos, y elementos de control finales llevan el proceso a un estado seguro, cuando determinadas condiciones han sido violadas. Otra expresión frecuentemente usada contiene el Sistema de Parada de Emergencia (ESP).
- El sistema debe ser de fácil manejo y automatizado.
- El sistema de control debe de descubrir si alguna electroválvula está con señal de encendido y si no se detecta llama (seguridad y ahorro)
- El sistema debe de ser de fácil montaje y desmontaje para el operario.

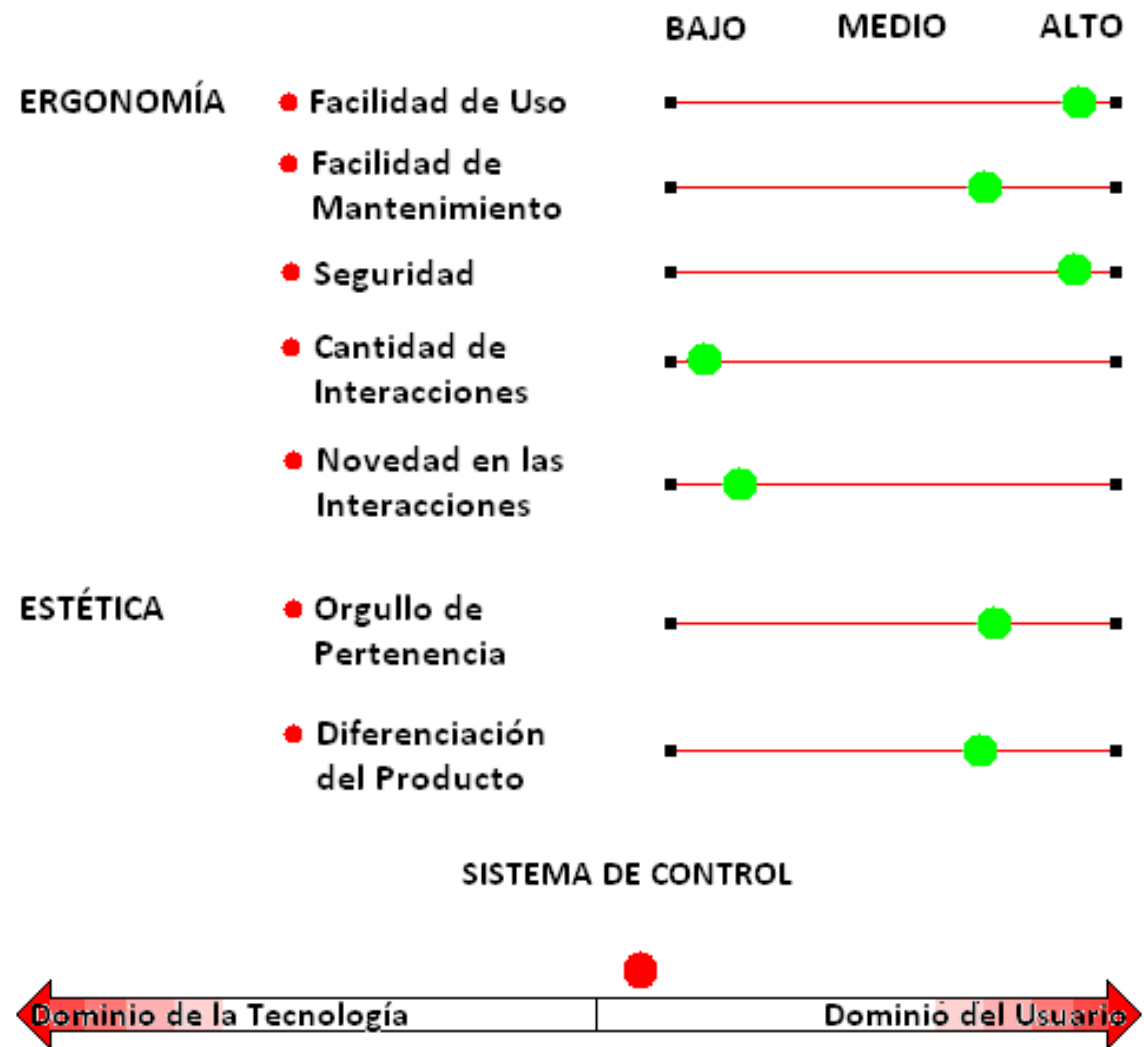
4.2 NECESIDADES ESTÉTICAS

- La interfaz con el usuario debe ser entendible y clara.
- La interfaz deberá contener colores notorios.
- El sistema debe ser moderadamente estético para que el dueño sienta orgullo de pertenencia.

4.3 VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL

Un sistema de control está sujeto primordialmente a la tecnología que se emplea en su diseño, sin embargo este posee una parte que es la interacción entre el usuario y la máquina, la cual mueve más la dirección del proceso del Diseño Industrial hacia el dominio por el usuario. Es de notar que en los objetivos se plantea el hecho de que el usuario pueda modificar los parámetros del sistema bajo una interfaz agradable y entendible. Ver Figura 11.

Figura 11. Dirección del proceso de diseño industrial



4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL

4.4.1 Requerimientos emocionales. El sistema debe expresar calidad y por lo tanto traerá implícitamente sentido de pertenencia, en otras palabras, cuando el empresario tiene el sistema de control en su horno se siente más independiente.

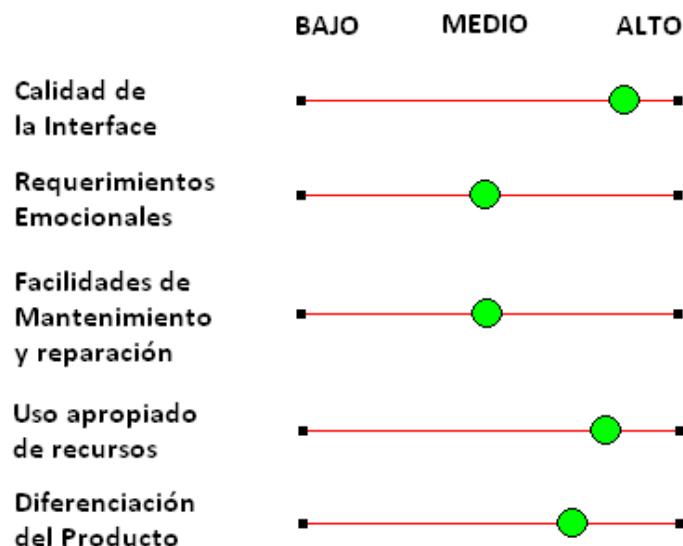
4.4.2 Calidad de las interfaces de usuario. La interface es muy amigable y se debe hacer de la manera más sencilla posible, con un manejo casi intuitivo y con características seguras que no permiten ingresar datos que sean erróneos con su uso normal.

4.4.3 Facilidades de mantenimiento y reparación. Los sensores son básicamente de fácil reemplazo en caso de fallo y de mantenimientos muy básicos.

4.4.4 Uso apropiado de los recursos. Se deben escoger actuadores como electroválvulas, transformadores de ignición, PLC y otras partes básicas. Los dispositivos que se escojan deben ser un equilibrio entre precio, calidad y lo más usado por otras empresas, pero sobre todo, las especificaciones de la empresa beneficiada (cliente). De esta manera se tiene en cuenta los aspectos ambientales, ecológicos y legales.

4.4.5 Diferenciación del producto. La interface del sistema será muy notoria y exclusiva, y la parte mecánica tendrá cierta identidad distinguida pero no tan notoria como la interface.

Figura 12. Dirección del proceso de Calidad



5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

5.1 DISEÑO DEL CONTROLADOR

Para el desarrollo del sistema de control del sistema de ahumado de la empresa Salsamentaria Sajonia se tuvo en cuenta las diferentes opciones planteadas anteriormente en el árbol de clasificación de conceptos...Véase la Figura 7..., pero se escogió el control ON-OFF debido a que el proceso no requería mantener una temperatura exacta y además la variable implicada, es decir, la temperatura, es muy lenta, por lo tanto hacer otro tipo de control como PID o control por espacio de estados resultarían en soluciones engorrosas para resolver un problema cuya solución más práctica es la utilización del control ON-OFF. A continuación se da una breve definición del control ON-OFF.

5.1.1 Control ON/OFF.

En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas que, en muchos casos, son simplemente: encendido y apagado. El control de dos posiciones o de encendido y apagado es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos. Suponiendo que la señal de salida del controlador es $u(t)$ y que la señal de error es $e(t)$, en el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo,

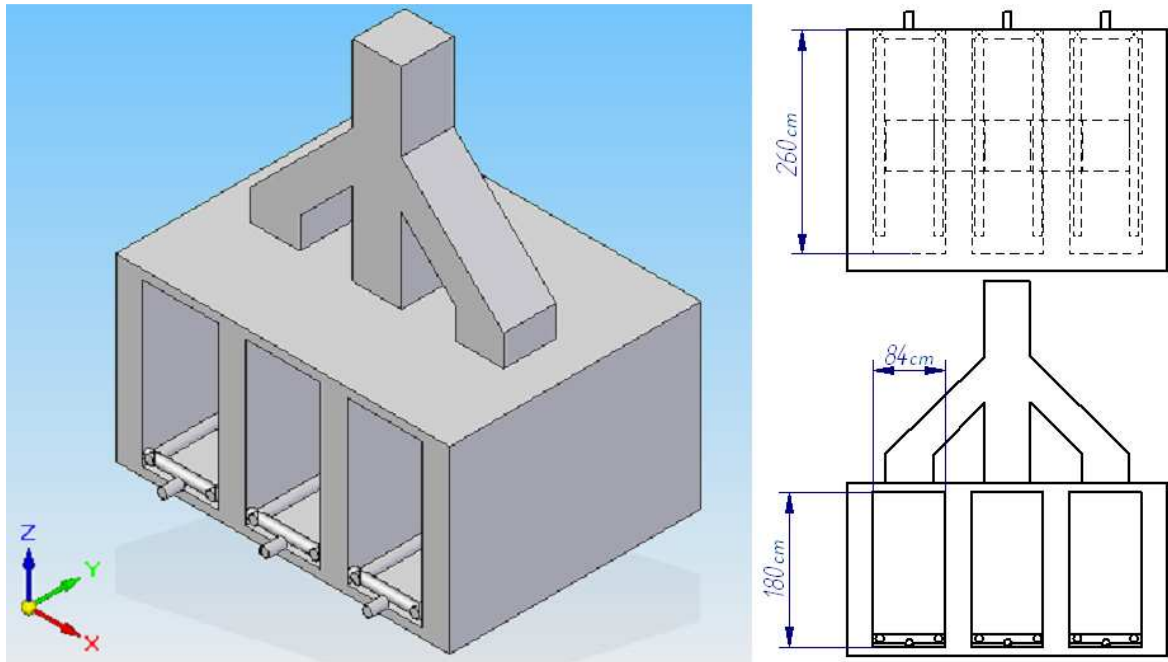
$$\begin{aligned} u(t) &= u_1, \text{ para } e(t) > 0 \\ &= u_2, \text{ para } e(t) < 0 \end{aligned}$$

en donde u_1 y u_2 son constantes. Por lo general, el valor mínimo de u_2 es cero o $-u_1$. Es común que los controladores de dos posiciones sean dispositivos eléctricos, en cuyo caso se usa extensamente una válvula eléctrica operada por solenoides*

5.1.2 Descripción del sistema de control. El sistema de ahumado para la empresa Salsamentaria Sajonia consta de tres hornos, ubicados uno al lado del otro...ver Figura 13... pero según la necesidad inmediata del cliente, se acordó diseñar el control para uno de los tres hornos, ya que los tres poseen y están hechos para realizar las mismas funciones, claro está dejando la posibilidad que a futuro se pueda utilizar dicho control, en los tres hornos, es decir, tenerlos en cuenta a la hora de la programación.

* OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna: Control ON-OFF. 3 ed. Minnesota. Pearson, 1998. p. 213.

Figura 13. Hornos y sus medidas.

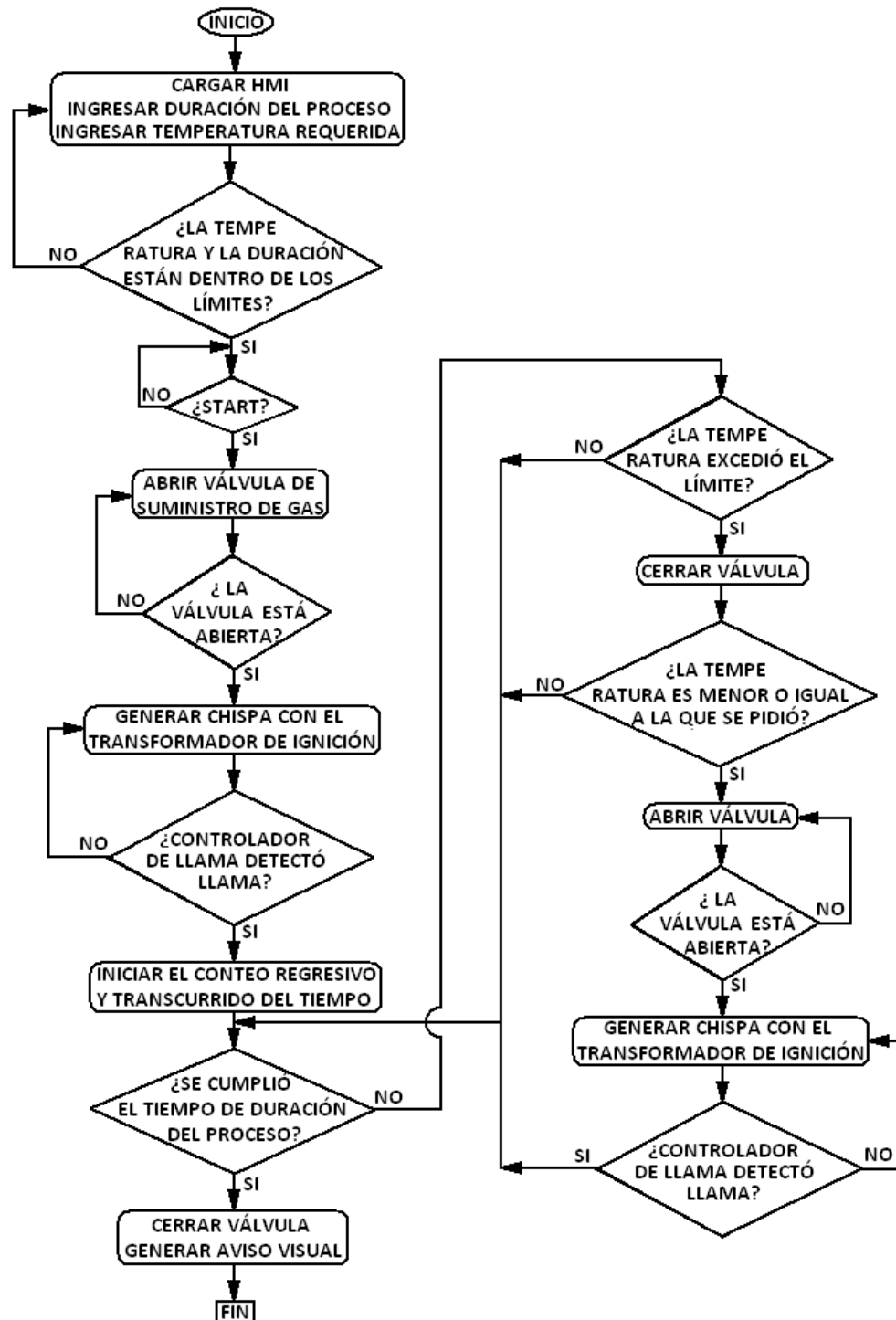


Inicialmente se carga un HMI (Interface Hombre Máquina), donde se pueda ingresar la duración del proceso y la temperatura requerida, estos dos datos a su vez deben estar dentro de los límites establecidos, teniendo en cuenta los requerimientos del cliente, los cuales son: Tiempo de duración con un rango entre 0:00 horas y 9:59 horas, y temperatura requerida con rango entre la temperatura ambiental y 120°C. Posteriormente si estos datos están dentro de dichos límites queda activo el *start* del proceso, al activarse el *start*, se abre la válvula de suministro de gas por medio del PLC (Controlador Lógico Programable), si se comprueba que está abierta, se genera una chispa con un transformador de ignición, una vez hecho esto, para efectos de seguridad, un controlador de llama se queda a la espera hasta detectar que hay llama al interior del horno. Cuando se confirma la existencia de llama se inicia el conteo regresivo y transcurrido del tiempo, los cuales serán visualizados en el HMI.

A partir de este momento es que se desarrolla el control ON-OFF porque mientras no se cumpla el tiempo de duración del proceso, constantemente se testea si la temperatura excedió el límite, para de esta forma realizar la acción de control de cerrar la válvula de suministro de gas. En esta instancia se espera hasta que la temperatura sea menor o igual que la requerida, para abrir de nuevo la válvula de suministro de gas, generar la chispa con el transformador de ignición y detectar que hay llama en el interior del horno con el controlador de llama. Cuando se cumple el tiempo de duración del proceso se cierra la válvula de suministro de gas y se genera un aviso visual, dando así por terminado todo el proceso.

Todo el control del sistema de ahumado para la empresa Salsamentaria Sajonia se puede explicar a través de un diagrama de flujo en donde se muestra paso por paso las acciones mencionadas anteriormente. En la Figura 14 se puede ver el diagrama de flujo del sistema de control.

Figura 14. Diagrama de flujo del sistema de control



Es preciso aclarar que la opción de paro de emergencia está disponible en las etapas subsiguientes al *start*, porque mientras se encuentra en la etapa de ingreso de datos no es necesaria dado que no ha empezado el proceso como tal, de esta manera se asegura que en caso de algún percance se pueda detener el proceso por completo y evitar consecuencias lamentables.

5.1.3 Programación en LADDER. El lenguaje utilizado para la programación del PLC fue el Lenguaje *Ladder*, por lo tanto se describirá brevemente su definición.

El *Ladder*, también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Para programar un autómata con *Ladder*, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. Se suele indicar mediante los caracteres B ó M y tienen tanto bobinas como contactos asociados. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación. Los bits de sistema son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente.*

El programa realizado en *Ladder* de un solo horno para el PLC se puede observar en el Anexo A.

5.2 DISEÑO DEL HMI

Para la realización del HMI es de mucha importancia tener en cuenta los datos de entrada que debe ingresar el usuario, para de esta forma mantener el HMI con la menor cantidad de datos a ingresar y evitar saturación de información. La Tabla 16 especifica cuáles deben ser los valores que el usuario debe ingresar.

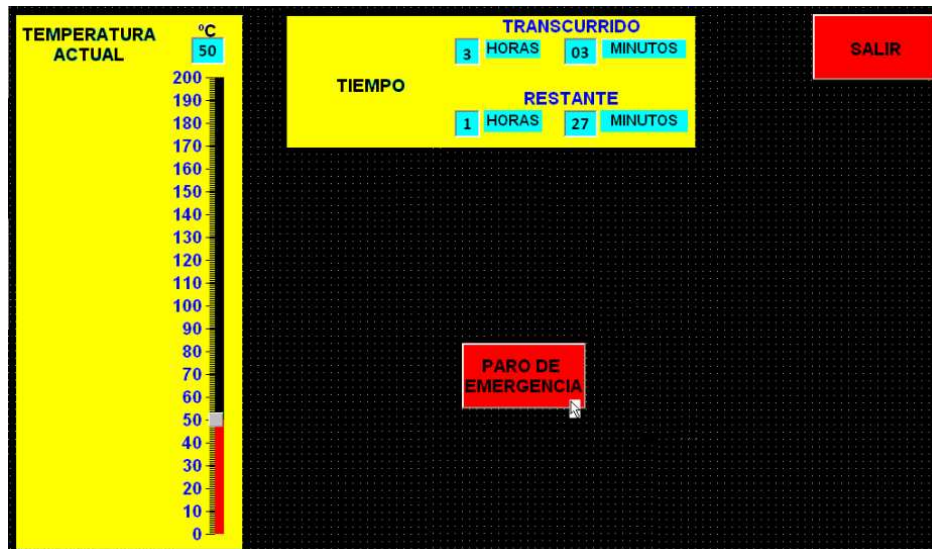
Tabla 16. Valores marginales del HMI

Nombre	Valores marginales	Valor inicial
Tr = Temperatura Requerida	Temp. Ambient. < Tr < 120 °C	Temperatura del medio ambiente
Td = Tiempo de Duración	0:00 Horas < Td < 9:59 Horas	0:00 Horas
INICIO	0 ó 1	0
Paro de emergencia	0 ó 1	0

*LADDER. Lenguaje Ladder. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Ladder

Para la realización de la interfaz de usuario se utilizó el programa SIMATIC PROTOOL, programa especializado para realizar HMI de PLC's, además mediante el análisis que se hizo se descubrieron cuáles deben ser los datos de ingreso por el usuario y la información que el HMI debe mostrar al operario. La Figura 15 muestra una parte del HMI diseñado, pero el manual de usuario del HMI completo se encuentra en el Anexo B.

Figura 15. HMI



5.3 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Existen diferentes marcas, precios y referencias para todo tipo de dispositivos de control o actuadores, por lo tanto es importante decidir el dispositivo correcto que se encuentre en equilibrio con el presupuesto, características eléctricas y disponibilidad, en otras palabras, tener en cuenta las necesidades del cliente.

5.3.1 Análisis de la selección del PLC. Para entrar en contexto, a continuación se describe brevemente que es un PLC.

Es un dispositivo que fue desarrollado para reemplazar los circuitos secuenciales de relevos para el control de maquinas, utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones específicas como funciones lógicas, secuenciales, de temporización, de conteo y aritméticas, de control proporcional, de control integrador, de control PID, entre otras funciones. Este dispositivo trabaja atendiendo sus entradas y dependiendo de su estado conecta o desconecta sus salidas.*

* Que es un PLC. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://www.wikilearning.com/articulo/que_es_un_controlador_logico_programable_plc-que_es_un_plc/18471-1

Como se mencionó anteriormente existen diferentes marcas y diferentes características, por lo tanto es necesario tener en cuenta las que más se acerquen a las necesidades. A continuación se muestran las dos de las marcas más reconocidas y que tenían similares características, para después hacer un análisis sobre la selección.

5.3.1.1 PLC S7-200 – Siemens.

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLC's), se pueden utilizar para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los sistemas de automatización S7-200 son idóneos para controlar tareas sencillas. La gran variedad de modelos S7-200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización. El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes.¹

5.3.1.2 PLC MICROLOGIX 1500 – Allen Bradley.

Es un sistema el cual consta de una unidad básica que proporciona 24 o 28 pines construidos en base de E/S, con un supervisor en AC o DC (fuente de alimentación), procesador y un módulo que se desliza en la base de la unidad. Se puede complementar las I/O construido en la base de la unidad con un máximo de dieciséis entradas y salida digital y/o analógica de los módulos Compact de E/S (dependiendo de la corriente y la disipación de energía). Se puede añadir una opción de memoria y / o reloj de tiempo real o de un módulo opcional de acceso de datos para tener una herramienta excepcional para mejorar la capacidad del sistema.²

Como la tarea a realizar es relativamente sencilla y la necesidad inmediata es para un solo horno, y teniendo en cuenta que se requiere de un máximo de 3 entradas digitales (para el *start*, paro de emergencia y detector de llama) y 1 analógica (para la Termocupla) y en el caso de las salidas serian 3 (para la válvula, el transformador de ignición y alarma) entonces se ve claramente que el PLC más adecuado es el S7-200, ya que este posee un máximo de 14 entradas digitales a 24Vdc y 10 salidas a relé con posibilidad de agregar módulo extra para entradas

¹ SIEMENS SIMATIC. Sistemas de automatización: S7-200. Referencia del manual: 6ES7298-8FA20-8DH0. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://issuu.com/miguelbueno/docs/s7200_manual_tecnico/10 1999. p. 1-1.

² ALLEN-BRADLEY. Controladores programables MicroLogix™ 1200 y MicroLogix 1500: Manual de referencia. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1762-rm001-es-p.pdf> 2002. p. 1-1.

análogas para las termocuplas tipos J, K, S, T, R, E y N, módulo extra para entradas y salidas, y además posee un puerto MPI/PPI que permitirá hacer la comunicación entre el PLC y el PC, a través del módulo de Ethernet con OPC (Ole for Process Control), mientras que el PLC Allen Bradley tiene 16 entradas a 24Vdc y con 6 salidas a relé y 6 salidas FET lo que proporciona mas entradas y mas salidas de las necesarias y por supuesto influyendo en el precio.

El S7-200 requiere de un *runtime* y un software de ingeniería denominados *WinCC Flexibles*, además de *WinCC Step7* (con el que se hizo el programa en *LADDER*) para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. El volumen de funciones de este moderno sistema incluye la emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial, el archivo de valores de medida y recetas y el listado de los mismos. Con su potente acoplamiento al proceso, especialmente con SIMATIC, y su seguro archivo de datos, *WinCC Step 7* hace posible unas soluciones de alto nivel para la técnica de conducción de procesos. El manual del S7-200 se encuentra disponible en internet en la referencia número 1 de la anterior página.

Es preciso aclarar que también se tuvo en cuenta la posibilidad de expandir este sistema hacia los otros dos hornos, razón por la cual se encuentran disponibles en la estimación de costos de manufactura...ver Cuadro 2...los costos de los módulos opcionales de entradas y salidas.

5.3.2 Análisis de la selección del estándar de comunicación. Como la idea a futuro del cliente, es integrar todos los procesos realizados al interior de la empresa en un solo sistema de control, es necesario tener un estándar de comunicación robusto que permita ir agregando de manera sencilla cada nuevo proceso que se quiera controlar automáticamente.

El estándar de comunicación OPC es utilizado para el campo del control y supervisión de procesos y permite que diferentes fuentes (Servidores de OPC) envíen datos a un mismo Cliente OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con *drivers* para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC.*

Teniendo en cuenta esta versatilidad se escogió el estándar OPC razón por la cual se tienen en cuenta en los costos de manufactura...ver Cuadro 2..., además de, por supuesto, el cable de interface USB/PPI que permite la conexión entre el computador y el módulo de comunicación para el PLC.

*OPC. Ole for Process Control. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>

5.3.3 Análisis de la selección del actuador. En este caso el actuador es el conjunto de elementos conformado por la válvula de suministro de gas... ver Anexo C... y el transformador de ignición... ver Anexo D... que genera la chispa necesaria para encender la llama. Según las búsquedas externas...ver numeral 2.4.1.5...los usuarios avanzados recomendaron, según su experiencia en lo que respecta a nivel industrial, que la válvula debería ser una válvula solenoide para gas marca Honeywell, ya que era la más confiable, robusta, y utilizada para este tipo de procesos, cuya alimentación es a 24Vdc y según las dimensiones de las tuberías de gas de la empresa, la boquilla de la válvula es de ½ pulgada. En cuanto al transformador de ignición recomendaron uno cuya entrada en el primario es de 120 Volt 60 Hz y el secundario 6,000 Volt en el secundario a 23mA marca Allanson Dependable Power. Las referencias y costos se pueden ver en el Cuadro 2 de estimación de costos de manufactura.

5.3.4 Análisis de la selección de sensores. El controlador de llama...ver Anexo E... y la Termocupla son los sensores que detectan si hay llama y el nivel de temperatura respectivamente. El controlador de llama también fue recomendado por usuarios avanzados...ver numeral 2.4.1.5...trabaja a 24 Volt es muy utilizado a nivel industrial. En cuanto a la Termocupla se tuvo en cuenta que la mayor temperatura que va a medir es 120°C en el proceso de ahumado, sin embargo es posible que a futuro otros procesos requieran de unas temperaturas un poco más altas por el orden de los 200°C o 300°C por lo tanto la Termocupla más adecuada es la tipo J que maneja temperaturas de entre -200°C y 600°C. Otros tipos de termocuplas como B, R, S y K manejan un rango de temperatura superior, razón por la cual no son adecuadas o están sobre dimensionadas para la necesidad de la empresa. Ver Figura 16.

Figura 16. Características de diferentes Termocuplas

<u>Tipo</u>	<u>Denominación</u>	<u>Composición y símbolo</u>	<u>Rango de temperaturas (1) (en °C)</u>	<u>Diámetro del alambre apropiado (2)</u>	<u>F.e.m.en mV (3)</u>
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ...1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
J	Hierro vs. constatan	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875)
			-200 ... 600 (800)		-7.89 ... 33,096 (45,498)
K	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr - Ni	0...1000(1.300)	3 ó 2 mm	0...41,269 (52,398)
			0 ... 900 (1.200)	1,38 mm	0...37,325 (48,828)
T	Cobre vs. constatan	Cu - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
E	Niquel-cromo vs. constatan (Chromel vs. constatan)	NiCr - CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78)
					-8,83 ... 45,08 (61,02)

Fuente: Termocuplas, Medición y control industrial [en línea] [consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm

5.3.5 Análisis de la selección de alimentación. Los elementos trabajan tanto a 120Volt como a 24Vdc por lo tanto esta última debe suministrarse con una fuente que los proporcione.

6. DISEÑO PARA MANUFACTURA

6.1 ESTIMACION DE COSTOS DE MANUFACTURA

En el cuadro 2 se muestra el valor de los elementos que se deben utilizar. En los Anexos F, G y H se encuentran las respectivas cotizaciones.

Cuadro 2. Estimación de costos de manufactura.

Descripción	Valor unitario	Cantidad	Valor total
Fuente Sitop 2A Entrada 120/230 Vac; Salida 24Vdc	\$444.326	1	\$444.326
CPU224, Fuente 110/220VAC, 14DI 24 Vdc, 10DO Relé, Mem 8/12KB, 1 Port MPI/PPI, 7 Mod Máx	\$1.004.198	1	\$ 1.004.198
Módulo de 4 IN anál. para Termopares tipos J, K, S, T, R, E, N Res. 12 bits	\$739.328	1	\$739.328
Modulo De Entrada Digital. EM 221 Con sep. galvánica 8DI, 24 Vdc.	\$244.823	1	\$244.823
Modulo De Salida Digital. EM222 Con sep. Galvánica 8DO, 2A Relé.	\$335.948	1	\$335.948
Cable Interface USB/PPI.	\$ 424.643	1	\$ 424.643
Módulo de Comunicaciones. Interface Industrial Ethernet, 10/100 Mbits/s TCP/IP. OPC para CPU 22x.	\$1.275.750	1	\$1.275.750
WinCC flexible 2007 Runtime 128 Powertags SW Runtime	\$1.445.850	1	\$1.445.850
WinCC flexible 2008 Advanced SW Ingeniería	\$6.452.258	1	\$6.452.258
Termocupla Tipo J De 3/16" X 10 Cm Con Extensión de 2 metros de cable	\$60.000	1	\$60.000
Válvula solenoide 1/2" V4295A1015	\$200.000	1	\$200.000
Control de llama S87K1015 Honeywell	\$255.000	1	\$255.000
Transformador de ignición 120-6000	\$170.000	1	\$170.000
	SUBTOTAL		\$13.052.124
	IVA 16%		\$2.088.339
	TOTAL		\$15.140.463

Es de tener en cuenta que varios de estos precios estas sujetos a la variación de precios debido al cambio del dólar.

6.2 COSTO DE MONTAJE

El tiempo de duración del montaje para un solo horno, se estima en 1 mes, y es necesario la compra de todos los materiales nombrados con anterioridad que dado el previo estudio acceden a una inversión en materiales de \$15.140.463 pesos más la mano de obra del ingeniero que será \$ 5'000.000 de pesos para un ingeniero con prestaciones incluidas durante el mes que dure el montaje, para un subtotal de \$20'140.463 pesos.

Si se desea montar el sistema en los 3 hornos, la inversión adicional sería de \$1'250.000 pesos más IVA, es decir, \$1'450.000 pesos con el IVA incluido, correspondientes a dos termocuplas, dos controladores de llama y dos válvulas solenoide, más \$3.000.000 de pesos correspondiente al salario del ingeniero por el mes adicional que dura el montaje, para un total de \$4'450.000 pesos. En todo proyecto se debe tener en cuenta una suma correspondiente a los gastos imprevistos, para lo cual, el sistema completo con los tres hornos funcionando tienen una suma de imprevistos igual a \$5'000.000 de pesos para un total de \$29'450.000 pesos.

6.3 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Teniendo en cuenta el benchmarking, el ahumador que proporciona características similares (capacidad en kilogramos de carne) a las que suministra uno de los hornos del sistema de ahumado en la empresa, es el TUNEL DE AHUMADO CONTINUO CI TALSA TA - 09401100...ver Figura 17...tiene un precio de \$41'910.000 de pesos más el IVA, es decir, \$48'615.600 de pesos con el IVA incluido, de aquí que el nuevo sistema propuesto representa solo el 41,4% de la inversión que se tendría que hacer si se comprara directamente el ahumador disponible en el mercado actual. De otro modo, si se desea montar un sistema con la misma capacidad que proporciona el sistema diseñado para los tres hornos, la inversión en el mercado actual sería de \$145'846.800 pesos, mientras que la inversión del sistema diseñado sería de \$29'450.000 pesos que representa solamente el 20,2% de la inversión que se tendría que hacer si se comprara directamente los 3 ahumadores disponibles en el mercado actual. Se observa que la inversión es mucho menor y se utilizan los recursos disponibles en la empresa, además el nuevo diseño contiene características que le permiten unirse en un futuro a todo un proceso de control para diferentes tipos de procesos realizados en la empresa.

Desde el punto de vista de los kilogramos de carne ahumados por hora, y teniendo en cuenta que la ganancia por kilogramo de carne ahumado es de \$2.100 pesos, se observa que inicialmente la capacidad era de 200 Kg cada 3½ horas, es decir, 57Kg/hora o \$119.700 pesos por hora, pero ahora el proceso duraría solo 2½ horas con la misma capacidad, debido a que se eliminó del proceso las instancias de precalentado de 45 minutos y control de temperatura en donde se debía abrir la puerta del horno hasta cuatro veces para medir la

temperatura en forma manual, desencadenando en la pérdida de tiempo y dinero. Con el nuevo sistema se ahumaría carne a razón de 80Kg/hora o \$168.000 pesos por hora, es decir, el rendimiento aumentaría en un 40,4%, lo que significa que en el tiempo que ahumaba con el anterior proceso se obtenía una ganancia de \$420.000 pesos y con el nuevo proceso automatizado se obtendría una ganancia de \$588.000 pesos para un aumento de \$168.000 pesos de más por cada proceso de ahumado terminado, es decir, que después de 175 procesos correspondientes a 613 horas de ahumado o 25 días de ahumado, se recuperaría la inversión. Es preciso aclarar que este cálculo por días corresponde al estimado suponiendo que se utilizara el ahumador las 24 horas de cada uno de los 25 días.

Figura 17. Túnel de Ahumado Continuo CI TALSA TA - 09401100



○ Túnel de ahumado CI TALSA

Fuente: Productos línea cárnica, ahumadores [en línea] [consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.citala.com/ciproducts/1/443#firstproduct>

7. DISEÑO PARA MANTENIMIENTO

6.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las electroválvulas mensualmente se deben desmontar del horno y limpiarlas con el fin de evitar fallas en la válvula de salida de combustible y aire.

7.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Algunos de los sensores que existen son susceptibles a diferentes factores ambientales, como por ejemplo, en el caso de las termocuplas tienden a degradarse, por esto se requiere medición de las respuestas del sensor regularmente. Algunas calibraciones se hacen en la universidad del valle en el centro de empadronamiento.

7.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En caso de desgaste de los sensores y de ciertos empaques o partes, se hace necesario reemplazar.

8. CONCLUSIONES

- Implementar algún método para el desarrollo de la solución a un problema de ingeniería es necesario para hacer una buena conceptualización de las necesidades del cliente, para el proceso de ahumado en la empresa Salsamentaria Sajonia, el diseño concurrente es muy apropiado para convertir las necesidades expresadas verbalmente en valores de ingeniería que puedan ser medidos y utilizados para llegar a una solución óptima.
- La identificación de los elementos y procesos involucrados en el ahumado de carnes, realizados para la empresa Salsamentaria Sajonia, fueron vitales para comprender mejor la necesidad y desarrollar una óptima estrategia de control que se adapta a la situación.
- Por medio del desarrollo del proceso de ingeniería concurrente en el cual se identificaron las necesidades existentes y se generaron diferentes soluciones, escogiéndose la mejor de ellas, mediante el criterio de funcionalidad y de economía, se seleccionó la implementación de la estación de control a través de un PLC como la solución que generó los mejores resultados.
- Aunque existen diferentes tipos de control, el control ON-OFF se escogió por que cumplía con los requerimientos del cliente de una manera sencilla y más económica que los otros tipos de control, y resultó ser el más adecuado para proporcionar la solución de automatización, de manera segura, del sistema de ahumado de carnes de la empresa Salsamentaria Sajonia.
- El diseño de la Interface Hombre Máquina tuvo en cuenta todos y cada uno de los objetivos para los cuales se debía diseñar, es decir, en el HMI se puede configurar una temperatura, visualizarla, mantenerla constante, configurar el tiempo de duración del proceso, visualizarlo y se puede escoger la configuración para tres tipos diferentes de carne, además se da la opción de poder detener el proceso en cualquier instante para un eventual caso de emergencia.
- La seguridad fue implementada, tanto en el programa que controla el PLC a través de la restricción en los límites de temperatura bajo los cuales debe funcionar normalmente el proceso, como también en los elementos de montaje físicos tales como el controlador de llama que evita una posible explosión al restringir la acción del transformador de ignición cuando se detecta una cantidad peligrosa de gas, haciendo que este diseño tenga seguridad en el software y el hardware.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda adquirir UPS's (*Uninterruptible power supply*) para dar soporte de energía cuando se presenten variaciones o altibajos en el suministro eléctrico, ya que estas variaciones afectan directamente el proceso de ahumado apagando los actuadores y los elementos de control. Es por esta razón que el uso de las UPS's para el computador, el PLC y para la alimentación de los actuadores se hace indispensable.
- Se recomienda no sobrepasar los valores marginales dados en la tabla 16, debido a que el control no servirá para valores por fuera de estos rangos.
- Se recomienda usar el PLC como estación de control, aunque el diagrama de flujos del sistema se suministró para ser implementado en cualquier lenguaje de programación.

BIBLIOGRAFÍA

Ahumadores, resumen de producto [en línea]. España: Valsequillo Gran Canaria [consultado 09 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.aspecana.com/esp/ahumadores/index.php>

ALLEN-BRADLEY. Controladores programables MicroLogix™ 1200 y MicroLogix 1500: Manual de referencia. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1762-rm001-es-p.pdf> 2002. p. 1-1

LADDER. Lenguaje Ladder. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Ladder

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna: Control ON-OFF. 3 ed. Minnesota. Pearson, 1998. p. 1015.

OPC. Ole for Process Control. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>

Productos línea cárnica, ahumadores [en línea] [consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.citala.com/ciproducts/1/443#firstproduct>

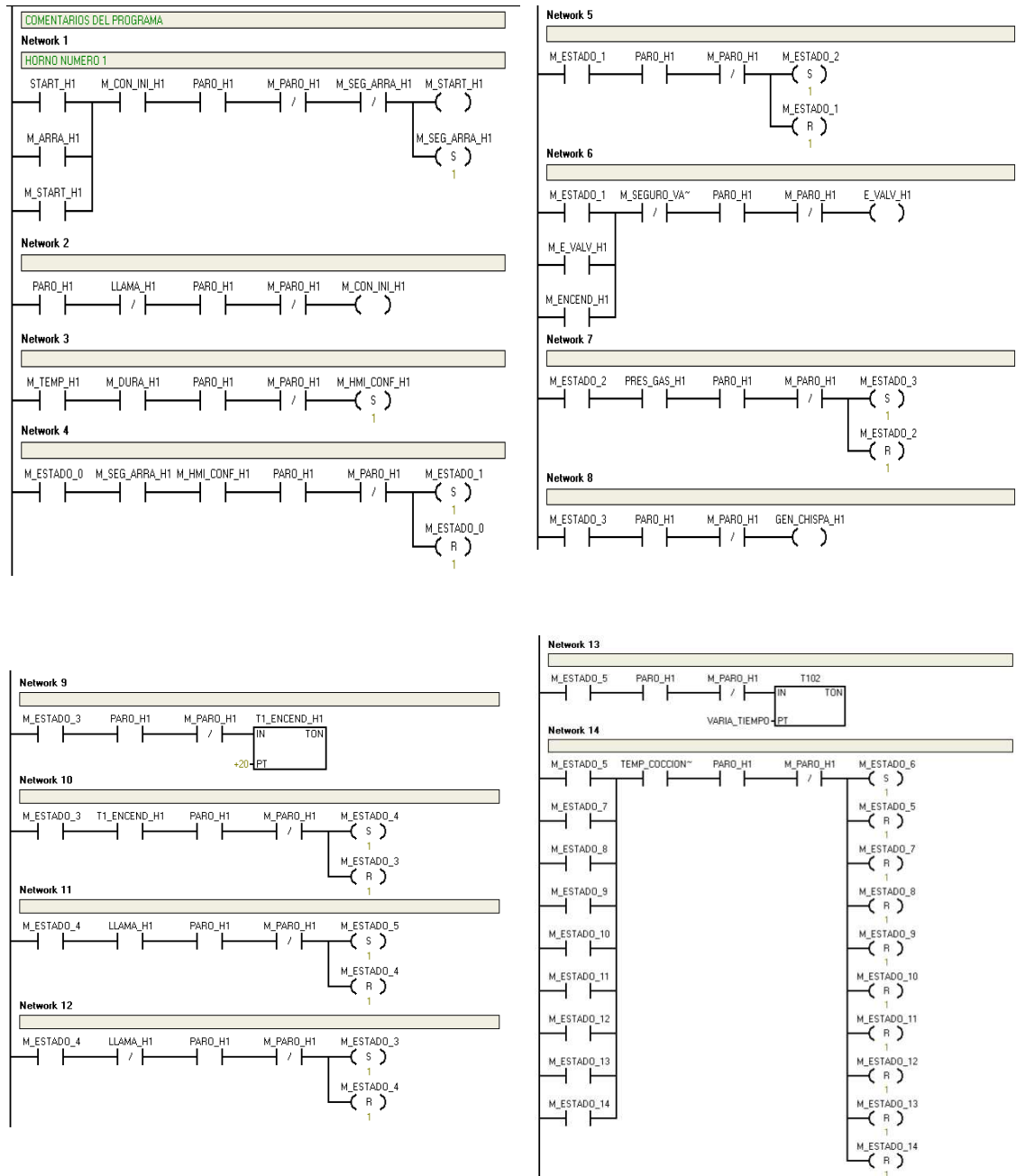
Que es un PLC. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://www.wikilearning.com/articulo/que_es_un_controlador_logico_programable_plc-que_es_un_plc/18471-1

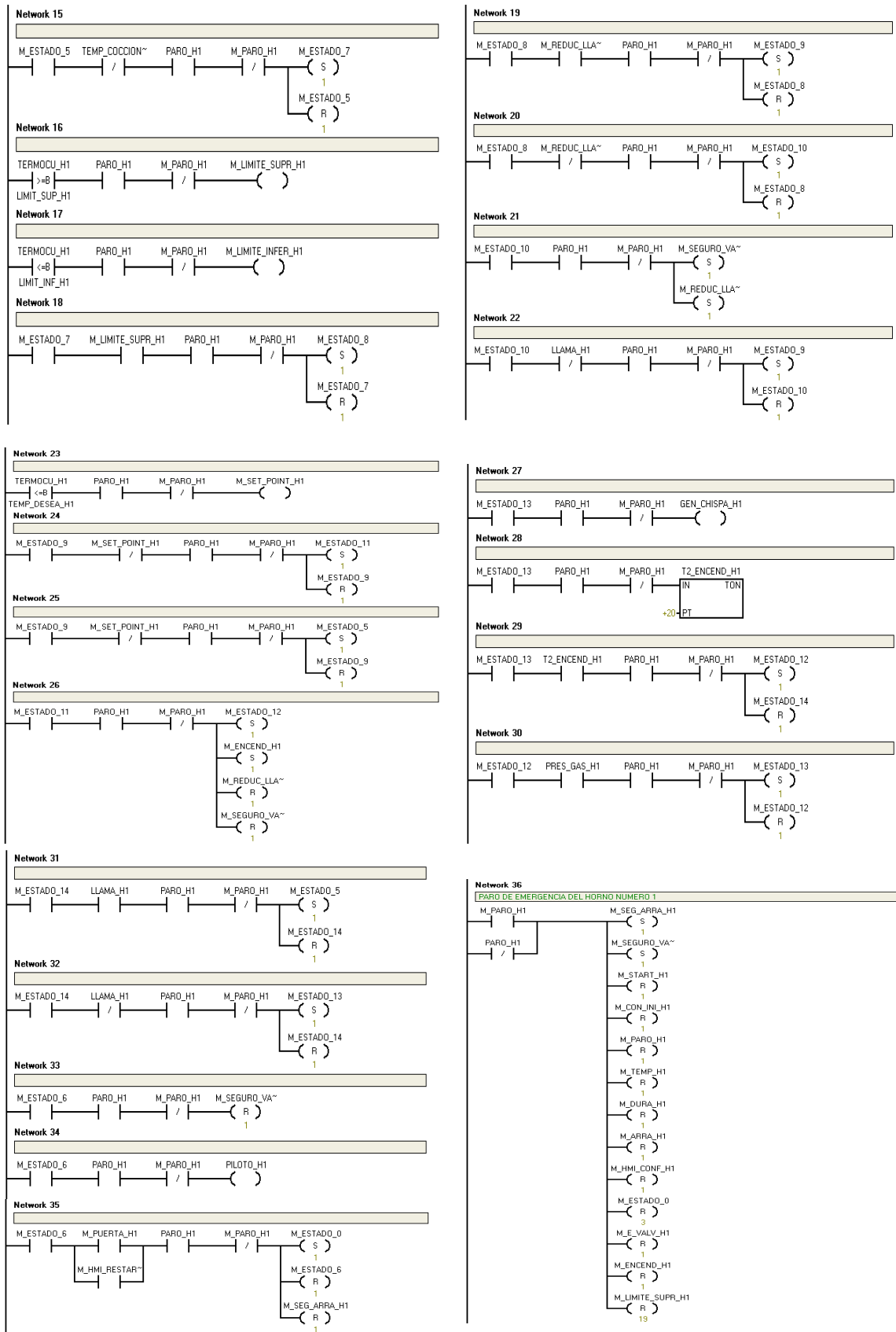
SIEMENS SIMATIC. Sistemas de automatización: S7-200. Referencia del manual: 6ES7298-8FA20-8DH0. [Consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://issuu.com/miguelbueno/docs/s7200_manual_tecnico/10 1999. p. 1-1.

Termocuplas, Medición y control industrial [en línea] [consultado 13 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm

ANEXOS

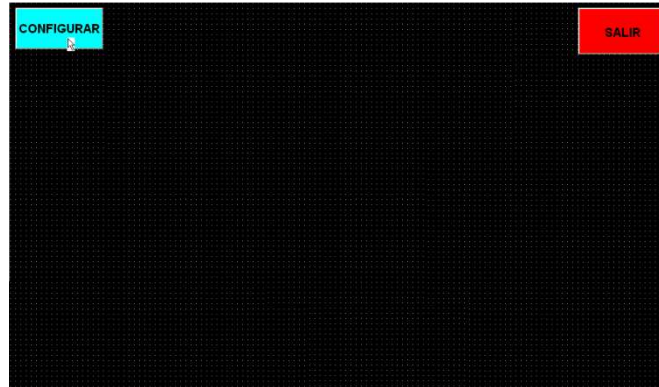
Anexo A. Programa en lenguaje *Ladder* del sistema de ahumado





Anexo B. Manual de usuario del HMI

Cuando se ejecuta el HMI por primera vez, se encuentran disponibles los botones CONFIGURAR y SALIR.



El botón CONFIGURAR tiene la función de dejar disponible la opción de escoger entre diferentes tipos de carne y el botón SALIR proporciona la posibilidad de salir del programa.



Ahora al seleccionar algún tipo de carne se despliega un menú donde se puede ingresar la temperatura y el tiempo de duración del proceso.



Cuando se selecciona el botón GUARDAR se almacenan los valores, se visualizan y se deja disponible la posibilidad de cambiarlos con el botón MODIFICAR. El botón EMPEZAR queda disponible para darle inicio al proceso.

The screenshot shows a menu titled "SELECCIONAR EL TIPO DE CARNE PARA AHUMAR". On the left, there is a cyan button labeled "CONFIGURAR". The main area has a yellow background and contains the text "COSTILLA" at the top. Below it, the current settings are displayed: "TEMPERAT 80 °C" and "DURACION 3:00 H". At the bottom of this section are two buttons: "MODIFICAR" (cyan) and "EMPEZAR" (blue). To the right of the "COSTILLA" text are three cyan buttons: "LOMO", "JAMÓN", and "OTRO". In the top right corner of the menu area is a red button labeled "SALIR".

Suponiendo que se halla seleccionado MODIFICAR, se despliega nuevamente el menú para ingresar nuevos valores.

The screenshot shows the configuration menu with the "MODIFICAR" button selected. The "COSTILLA" section now displays "TEMPERATURA REQUERIDA EN °C" with a value of "65" and a range of "Rango: 20°C - 120°C". Below this, the "TIEMPO DE DURACION" section shows "HORAS" with a value of "4" and "MINUTOS" with a value of "30", with a range of "Rango: 0 Horas - 9:59 Horas". A blue button labeled "GUARDAR" is now visible on the right side of the configuration area. The "CONFIGURAR" button remains on the left, and the "SALIR" button is in the top right.

Cuando se selecciona GUARDAR se almacenan los valores nuevos ingresados, se visualizan y se deja disponible de nuevo la posibilidad de modificarlos y también queda disponible el botón EMPEZAR que da inicio al proceso.

The screenshot shows the main menu after the values have been saved. The "COSTILLA" section now displays the updated settings: "TEMPERAT 65 °C" and "DURACION 4:30 H". The "MODIFICAR" button is still present, but the "EMPEZAR" button is now highlighted with a blue border, indicating it is the active option. The "LOMO", "JAMÓN", and "OTRO" buttons remain on the right, and the "SALIR" button is in the top right corner.

Al seleccionar el inicio se muestra la temperatura actual, el tiempo transcurrido y regresivo del proceso, además queda disponible el botón PARO DE EMERGENCIA y se oculta el botón SALIR para evitar que se salga de la aplicación sin que el proceso halla terminado o se halla detenido por emergencia.



Si se selecciona el botón PARO DE EMERGENCIA se detiene el proceso y se da un aviso que indica que el proceso se detuvo por una emergencia, quedan disponible el boton CONFIGURAR DE NUEVO para ir al inicio de la aplicación y el botón SALIR vuelve a estar disponible para salir de la aplicación.



Finamente si el proceso termina sin ningún percance, se muestra un aviso indicandolo, y vuelven a estar disponibles los botones CONFIGURAR DE NUEVO y SALIR.



Anexo C. Características de la Válvula Solenoide Honeywell ½" V42951015

V4295/V8295 Solenoid Valves.

Part Of The Honeywell Commercial/Industrial Valve Offering.



The selection of gas valves offered by Honeywell are well-known throughout the industry for their quality, reliability and ease of installation. V4295/V8295 solenoid gas valves control the flow of natural and LP (liquefied petroleum) gases and are suitable for use on furnaces, ovens, atmospheric burners, commercial water heaters, rooftop make-up air units, power burners and commercial/industrial boilers. Best of all, they complete the Honeywell flame safeguard lineup, allowing you to get the most extensive flame safeguard valve offering in the industry from a single supplier.

Specifications

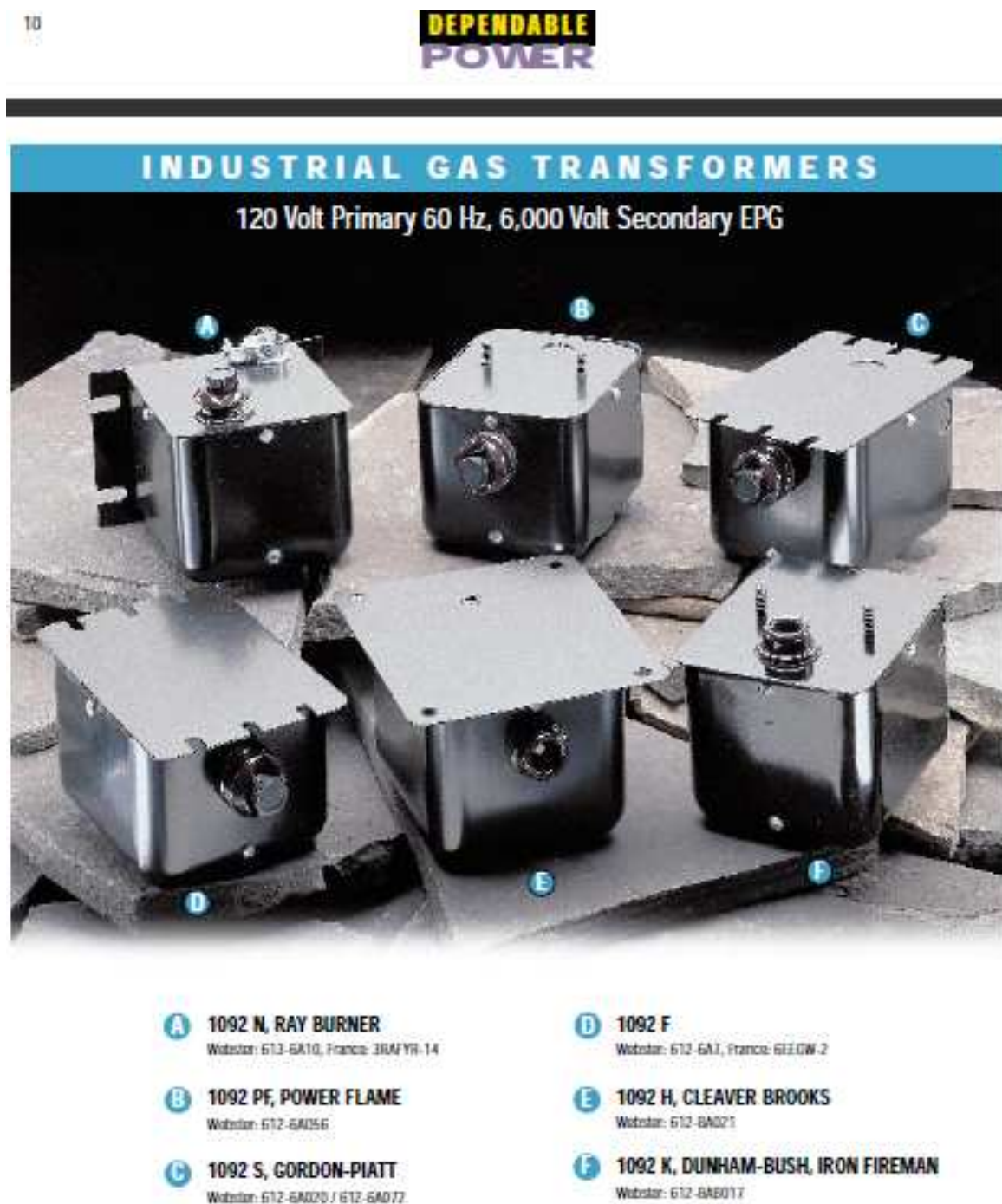
MODELS:	V4295A/V8295A Safety Shutoff Valve V4295S/V8295S Normally Open Vent Valve
GAS TYPE:	Natural, manufactured, mixed and LP gas
BODY MATERIAL:	Die cast aluminum
VALVE TIMING:	Opening, less than 1 second. Closing, less than 1 second.
AMBIENT TEMP.:	-40° F to 145° F (-40° C to 60° C) rating
APPROVALS:	Underwriters Laboratories, Inc., CSA, Factory Mutual (all, except 1" to 3" — 2 psi version), CSD-1 and IRI acceptable

Features

- Normally closed valves offer safety shut off with fast-open, fast-close operation.
- Normally open valves function as vent valves for double block and bleed gas valve trains with fast-close, fast-open operation.
- Positive close-off prevents gas from entering the burner when primary safety control turns burner off.
- Rugged design and construction.
- V4295A available in sizes from 3/8" to 3" (2 psi); 3/8" to 2" (5 psi); V8295A available in sizes from 3/8" to 2" (2 psi); V4295S/V8295S available in size from 3/4" to 1-1/4" (2 psi).

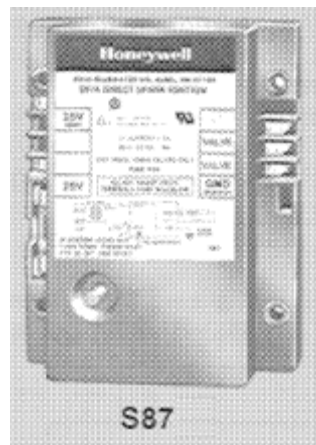
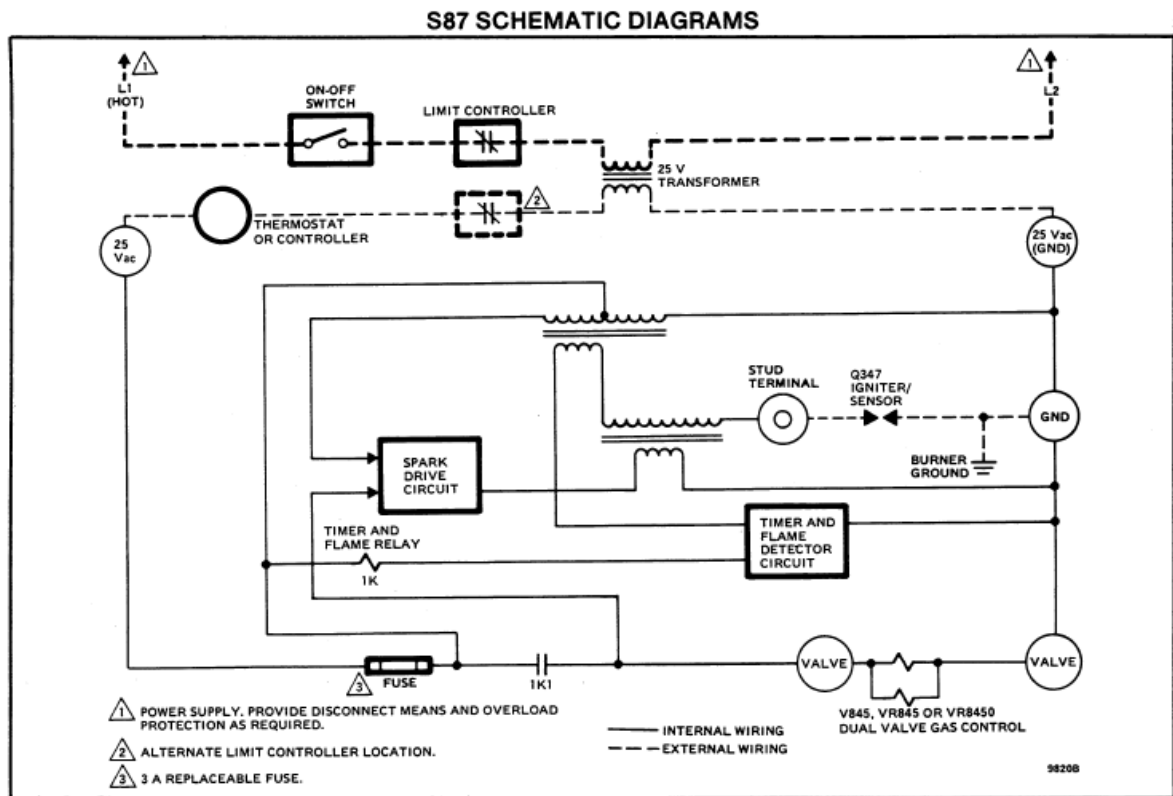
Fuente: Honeywell, Solenoid Valves: Características [consultado 10 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: http://www.absolutaire.com/docs/component_docs/indexed/178.pdf

Anexo D. Transformador de Ignición 120 - 6000 Tipo A




Fuente: Dependable Power, Industrial Gas Transformers [consultado 10 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.westmillindustries.com/files/Allanson%20Ignition%20Transformer%201092S.pdf>

Anexo E. Diagrama esquemático y físico del Controlador de Llama S87 Honeywell



Fuente: Honeywell, Direct spark ignition control module: Manual [consultado 10 de Octubre de 2009]. Disponible en Internet: <http://techlit.honeywell.com/techlit/Pdf/PackedLit/68-0039.pdf>

Anexo F. Cotización de Termocupla Tipo J



COLRES
INDUSTRIAS COLRES LTDA

NIT: 900.229.663-2
Calle 22A # 8-47 Cali, Valle
Teléfonos 889453 -- 8899780 Fax 8892068
6817698 - 6828653

icasas@colres.com

N° 9353

[Personalizar](#)

COTIZACION

Personalizar

Ciente

Nombre **SALSAMENTARIA SAJONIA**

Dirección

Ciudad **CALI** Dpto **VALLE** Nit

Teléfono **438 45 81 558 44 41**

Fecha: **JULIO 28 / 2009**

Ing: **GUSTAVO A. MEIER**

Area: **COMPRAS**

Fax

DE ACUERDO CON SU AMABLE SOLICITUD LE ESTAMOS COTIZANDO LO SIGUIENTE:

Cantidad	Descripción	Precio unitario	TOTAL
1	TERMOCUPLA TIPO J DE 3/16" X 10 CM CON EXTENSION CABLE DE 2 MTS.	60.000	60.000
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>TIEMPO ENTREGA : 1 DIA</p> <p>ATENTAMENTE : ING. JHONNY CASAS M.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></div> </div>			
Subtotal			60.000
IVA			9.600
TOTAL			69.600

Detalles de pago

☐ Contado

☒ Credito

☐ Tarjeta de crédito

☐ Cheque

%

Nombre

Número

Válidez 15 DIAS

A ESPERA DE SUS GRATAS ORDENES ME SUSCRIBO A USTED

CODIGO FVN01 V. 1 ENE/2/2002

Fabricación de Resistencias Industriales Tubulares, Abrazaderas, de Cartucho, Planas y Venta de Controles

Anexo G. Cotización de dispositivos Siemens

Kamati Ltda.
Nit 800,252,568-4

COTIZACIÓN No. **3725-09**

SEÑORES: SALSAMENTARIA SAN JORGE
 ATN: ANDRÉS NARVÁEZ
 PET.OFER:

FECHA: OCT-06-2009
 DIRECCION:
 TELEFONO:

ITEM	CANT	UND	DESCRIPCION	P.UNIDAD	P.TOTAL
1	1	UND	FUENTE DE ALIMENTACION SITOP SMART Entrada 120/230 V AC Monofásica. Comp. estática a variación de: red 0,1%, de Carga 0,5%. Posibilidad de conex. En paralelo para aumento de potencia hasta 2 unidades max. Caja plastica IP20 Dimensiones 3,2 x 12,5 x 12, 5 cm Ref:6EP1 332-2BA10	COP 444.326	COP 444.326
2	1	UND	SIMATIC S7 200 CPU224 Fuente 110/220VAC 14DI 24Vdc 10DO Relé Mem 8/12KB 1 Port MPI/PPI 7 Mod Max. Ref: 6ES7214-1BD23-0XB0	COP 1.004.198	COP 1.004.198
3	1	UND	MODULO DE ENTRADA ANALOGA EM231 Módulo de 4 IN anal. para Termopares tipos J, K, S, T, R, E, N Res. 12 bits. Ref: 6ES7231-7PD22-0XA0	COP 739.328	COP 739.328
4	1	UND	MODULO DE ENTRADA DIGITAL EM 221 Con sep. galvánica 8DI, 24 Vdc. Ref: 6ES7221-1BF22-0XA0	COP 244.823	COP 244.823
1	1	UND	MODULO DE SALIDA DIGITAL EM222 Con sep. galvánica 8DO, 2A Relé. Ref: 6ES7222-1HF22-0XA0	COP 335.948	COP 335.948
1	1	UND	Cable Interface USB/PPI Para comunicación y programación PC/S7-200. Ref: 6ES7901-3DB30-0XA0	COP 424.643	COP 424.643
1	1	UND	MODULO DE COMUNICACIONES Interface Industrial Ethernet, 10/100 Mbits/s TCP/IP OPC para CPU 22x. Ref: 6GK7243-1EX00-0XE0	COP 1.275.750	COP 1.275.750
1	1	UND	WinCC flexible 2007 Runtime 128 Powertags SW Runtime, Single License SW y documentación En CD License Key en disq. Ejecutable Bajo Win2000/Xp Prof.Ref: 6AV6613-1BA51-2CA0	COP 1.445.850	COP 1.445.850
6	1	UND	WinCC flexible 2008 Advanced SW Ingeniería, Floating License y documentación en CD, License Key en USB Stick. Soporta Win/XP Prof, Vista Business y Ultimate para configurar paneles Simatic y WinCC Flexible 2008 para PC RT Ref: 6AV6613-0AA51-3CA5	COP 6.452.258	COP 6.452.258
			SUBTOTAL		COP 12.367.121

LOS PRECIOS DE LA ACTUAL OFERTA NO INCLUYEN IVA

VERIFICAR QUE ESTOS PRODUCTOS CUMPLAN CON SUS ESPECIFICACIONES TECNICAS ANTES DE GENERAR ORDEN DE COMPRA.

VALIDEZ DE LA OFERTA	TIEMPO DE ENTREGA	FORMA DE PAGO
30 DIAS	60 DIAS	100% CONSIGNACION EFECTIVA

INGENIERA: LINA DEL PILAR CANIZALES E / CEL: 313 6517430

Cra. 37 No. 10-303 Ed. 1 Piso 3, Área 5. Parque Industrial Gran Híper S.A. Acopi-Yumbo
 Teléfono: (57-2) + 665 9852 / 665 9853

www.kamatiltda.com - comercial@kamatiltda.com

Anexo H. Cotización en Colmáquinas

Original

OFERTA COMERCIAL

		NUMERO	DIA	MES	AÑO
		16559	15	10	2009
Cliente	MEIER BUENO GUSTAVO ADOLFO ERICK	NIT.:	16672301-3		
Contacto	GUSTAVO MEIER	Fax	(2) 4384581		
Cargo	INDEPENDIENTE	Telefono	(2) 4384581		
Direccion	CL 39 10 47	Email			

De acuerdo con su amable solicitud, presentamos la siguiente oferta:

#	DESCRIPCION	UN/M	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TRANSFORMADOR IGNIC.120-6000	UND	1	\$ 170,000	\$ 170,000
2	VALV.SOLEN.1/2"V4295A1015	UND	1	\$ 200,000	\$ 200,000
3	PROTECTORELAY S87K1008 HONEY	UND	1	\$ 255,000	\$ 255,000

NOTA: LA VALVULA SOLENOIDE PARA GAS OFERTADA ES A 110 VT, NO TENEMOS EN 24 VT

SON: Setecientos veinticinco mil Pesos Colombianos	SUBTOTAL	\$ 625,000
	IVA 16%	\$ 100,000
	TOTAL	\$ 725,000

CONDICIONES

Forma de Pago	Contado
Forma de entrega	AEREA
Validez de la oferta	30 Días
Plazo de entrega y/o ejecucion	Días

OBSERVACIONES

Atentamente,
COLMAQUINAS S.A.

CAL-07 JUAN FERNANDO OLANO
DEPARTAMENTO DE VENTAS Y SERVICIOS

VoBo GERENTE REGIONAL Y/O COORDINADOR
DE LINEA DE NEGOCIO

Favor consignar en cuenta corriente No. 006769999555 de Davivienda a favor de COLMAQUINAS S.A Nit
860003981-4

Fecha de Divulgación: 14/04/2009

COL-F087 REV 1